

**Estudio Del Manejo De Los Residuos Orgánicos Generados En La Universidad De La  
Costa (Cuc) A Través Del Compostaje**

LUIS ALEJANDRO MIZGER ALVAREZ

SANDRA MILENA SILVA BUELVAS



**Universidad De La Costa, CUC**

**Departamento Civil y Ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla**

**2018**

**Estudio Del Manejo De Los Residuos Orgánicos Generados En La Universidad De La  
Costa (Cuc) A Través Del Compostaje**

**Para obtener el título de Ingeniero Ambiental**

**TESISTAS:**

Luis Alejandro Mizger Alvarez

Sandra Milena Silva Buelvas

**Tutor de Trabajo de grado y cotutor de trabajo de grado**

I.Q. ESP. Liliana Lozano

Cotutor PhD. Rogerio Portantiolo Manzolli

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC**

**Departamento civil y ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla**

**2018**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

### **Dedicatoria**

*A Dios que fue quien me dio la sabiduría y el entendimiento para realizar mis estudios de la mejor manera y luego ser mi guía en este proyecto.*

*A mis padres, Ledis Alvarez y Francisco Mizger por gracias a su apoyo y acompañamiento que me brindaron durante toda esta etapa estudiantil pude formarme como persona de bien.*

*Luis Mizger Alvarez*

### **Dedicatoria**

*A Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, por llenarme de sabiduría y no dejarme desfallecer.*

*A mis padres Ana Buelvas y Luis Silva por ser ese apoyo incondicional, por su motivación constante, por inculcarme valores y por creer en mí, este triunfo es más de ellos que mío.*

*A Karen Polo, mi amiga que siempre estuvo a mi lado, antes, durante y estoy muy segura que estará después de alcanzar esta meta en mi vida.*

*A mis hermanos: Luis Silva y Brayan Silva, quienes confían en mí. ¡Gracias!*

*Sandra Milena Silva Buelvas.*

### **Agradecimientos**

Agradecemos a la Universidad de la Costa por abrirnos sus puertas para formarnos como profesionales, a todo el personal de docentes por colocar a su disposición sus.

Agradecemos de manera muy especial al personal de mantenimiento y personal de cafetería de la Universidad de la Costa C.U.C, ya que gracias a su colaboración este proyecto fue posible, de igual manera agradecemos a la Ingeniera Erika Blanco, puesto que siempre tuvo una respuesta positiva para nosotros cuando necesitamos de ella.

Agradecemos a nuestra directora de tesis Liliana Lozano, por ser una guía y un apoyo para la realización y culminación de nuestro proyecto de grado.

## Contenido

1. Introducción.....	14
2. Planteamiento del problema .....	16
3. Objetivos.....	19
3.1 Objetivo General.....	19
4. Marco de Antecedentes .....	20
5. Marco conceptual .....	23
5.1 Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos .....	23
5.2 Clasificación De Los Residuos Sólidos .....	23
5.3 Gestión integral de residuos sólidos. ....	25
5.4 Reciclaje.....	25
5.5 Recuperación.....	26
5.6 Residuo Sólido o desecho .....	26
5.7 Residuo Sólido aprovechable.....	26
5.8 Residuo Sólido no aprovechable.....	26
5.9 Reutilización .....	27
5.10 Tratamiento .....	27
5.11 Compostaje.....	28
5.11.1 Etapas del Compostaje .....	28
5.11.2 Preparación.....	28
5.11.3 Descomposición Mesófila.....	29

5.11.4	Descomposición Termófila .....	29
5.11.5	Descomposición Mesófila II o de Enfriamiento .....	30
5.11.6	Maduración .....	30
5.11.7	Afinación .....	30
6.	Factores que afectan al compost .....	33
6.1	Temperatura .....	33
6.2	Aireación .....	33
6.3	Humedad .....	34
6.4	Factores nutricionales y relación COT/NT .....	34
6.5	pH .....	35
7.	Marco Legal .....	36
8.	Diseño Metodológico .....	37
8.1	Tipo de investigación .....	37
8.2	Población de estudio .....	37
8.3	Tipo de Muestreo .....	39
9.	Desarrollo Experimental .....	40
9.1	Elaboración De Composteras .....	41
9.1.1	Composteras fijas .....	41
9.1.2	Procedimiento .....	41
9.1.3	Composteras Giratorias .....	43
9.2	Fase de Campo .....	44



9.3 Selección y Recolección de Muestras .....	45
9.4 Preparación de Mezcla .....	46
9.5 Seguimiento y Control .....	48
9.5.1 Medición de las condiciones (Parámetros) .....	48
9.5.2 Parámetros Medidos .....	49
9.6 Afinación de abono orgánico .....	50
10. Resultados y Análisis .....	51
10.1 Resultados de pH y temperatura compostera giratoria # 1 .....	53
10.2 Resultados de pH y temperatura giratoria # 2 .....	54
10.3 Diferencias entre la compostera giratoria # 1 y compostera giratoria # 2 .....	55
10.4 Resultados de pH y temperatura compostera fija # 1 .....	55
10.5 Resultados de pH y temperatura de compostera fija # 2 .....	56
10.6 Diferencia entre compostera fija # 1 y compostera fija # 2 .....	57
10.7 Diferencia entre composteras fijas y giratorias .....	57
10.8 Comparación de los resultados obtenidos con la norma técnica colombiana NTC 5167 .....	58
10.9 Abono orgánico obtenido .....	61
11. Conclusión .....	62
12. Recomendaciones .....	64
13. Referencias .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
14. Anexos .....	67

## Lista De Tablas Y Figuras

### Tablas

Tabla 1 Legislación Vigente .....	36
Tabla 2 Porcentaje de residuos utilizados para realizar mezclas para las composteras.....	40
Tabla 3 Parámetros medidos durante la producción del compostaje.....	49
Tabla 4 Población de Universidad de la Costa. ....	51
Tabla 5 Kilogramos de días hábiles y no hábiles.....	51
Tabla 6 Producción Per cápita días no hábiles.....	51
Tabla 7 Producción Per Cápita días hábiles.....	52
Tabla 8 Resultados de Nitrógeno total.....	58
Tabla 9 Resultados de carbono orgánico total. ....	59

### Figuras

Figura 1. Composición de residuos en Colombia. ....	24
Figura 2. Ciclo de residuos orgánicos y ciclo de residuos otros.....	27
Figura 3. Proceso de compostaje. ....	28
Figura 4. Fases del proceso de compostaje.....	31
Figura 5. Parámetros permitidos.....	32
Figura 6. Factores que afectan el proceso de compostaje.....	35
Figura 7. Mapa de Barranquilla - Atlántico. ....	38
Figura 8. Mapa de la Universidad de la Costa C.U.C.....	39
Figura 9. Construcción de composteras fijas. ....	42
Figura 10. Construcción de composteras fijas. ....	42
Figura 11. Construcción de composteras giratorias. Fuente: (Propia de los Autores).....	43
Figura 12. Adecuación del sitio. ....	44

Figura 13. Ubicación de composteras giratorias.....	44
Figura 14. Ubicación de composteras fijas.....	45
Figura 15. Recolección de materia prima.....	45
Figura 16. Clasificación de materia prima.....	46
Figura 17. Preparación de mezclas.....	46
Figura 18. Mezclas listas.....	47
Figura 19. Volteos.....	47
Figura 20. Seguimiento, control y medición de parámetros.....	49
Figura 21. Afinación del producto.....	50
Figura 22. Variación de la temperatura y el pH para la compostera giratoria # 1.....	53
Figura 23. Variación de la temperatura y el pH para la compostera giratoria # 2.....	54
Figura 24. Variación de la temperatura y el pH para la compostera fija # 1.....	55
Figura 25. Variación de la temperatura y el pH para la compostera fija # 2.....	56
Figura 26. Resultados vs NTC 5167.....	58
Figura 27. Resultados vs NTC 5167.....	60
Figura 28. Abono orgánico obtenido.....	61
Figura 29. Temperaturas y pH para composteras.....	67
Figura 30. Resultados del análisis compostera giratoria # 1.....	70
Figura 31. Resultados del análisis compostera giratoria # 2.....	71
Figura 32. Resultados del análisis compostera fija # 1.....	72



### **Resumen**

El presente proyecto consistió en el estudio del manejo de los residuos orgánicos y elaboración de pruebas pilotos para la obtención de abono a través de los residuos generados en la Universidad De la Costa C.U.C, específicamente residuos orgánicos generados en la cafetería y podas de la institución educativa. El proyecto se desarrolló en la Universidad de la Costa, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Barranquilla y actualmente no cuenta con un tratamiento para residuos orgánicos generados dentro de la institución. Para el manejo de los residuos orgánicos se propuso la producción de abono orgánico o compost, para el cual se utilizaron composteras fijas y giratorias elaboradas en estibas de madera y tanques plásticos respectivamente, con el fin de determinar en cual se obtendría el compost que cumpliera con los parámetros establecidos por la normatividad legal vigente. Se realizó un monitoreo para el control de los parámetros del compost, pH y temperatura, estos parámetros fueron verificados día por medio con la finalidad de llevar un seguimiento de la producción del compostaje. La producción del abono orgánico tardó aproximadamente 4 meses, transcurrido este tiempo se realizó un muestreo aleatorio para enviar dichas muestras a un laboratorio externo, en el cual se realizó análisis de carbono total y nitrógeno total Kjeldahl, los resultados obtenidos fueron comparados con la norma NTC 5167 de 2011 para productos de la industria agrícola, dando como resultado que el abono podría aplicarse en suelos de la institución y sus alrededores.

***Palabras clave:*** Compostaje, residuos orgánicos, podas, composteras fijas y giratorias.

### **Abstract**

The present project consisted of the study of the management of organic waste and the preparation of pilot tests for obtaining fertilizer through the waste generated at the CUC University, specifically organic waste generated in the cafeteria and pruning of the educational institution. The project was developed at the Universidad de la Costa, which is located in the city of Barranquilla and currently does not have a treatment for organic waste generated within the institution. For the management of organic waste, the production of organic fertilizer or compost was proposed, for which fixed and rotating composters were used, elaborated in wooden pallets and plastic tanks respectively, in order to determine which compost would be obtained in compliance with the parameters established by the current legal regulations. A monitoring was carried out to control the compost, pH and temperature parameters, these parameters were verified every other day in order to keep track of the composting production. The production of the organic fertilizer took approximately 4 months, after which time a random sampling was carried out to send these samples to an external laboratory, in which Kjeldahl total carbon and total nitrogen analysis was carried out, the results obtained were compared with the NTC standard 5167 of 2011 for products of the agricultural industry, resulting in that the fertilizer could be applied on soils of the institution and its surroundings.

**Keywords:** *Composting, organic waste, pruning, fixed and rotating compost*

## **1. Introducción**

Actualmente las industrias, la urbanización y estilo de vida son factores clave para el aumento masivo de los residuos en el mundo, llevando con esto impactos negativos debido a la inadecuada disposición. Hoy en día existen muchas alternativas para la minimización de los residuos sólidos, entre estas el compostaje; el cual consiste en la degradación aeróbica de la materia orgánica, teniendo en cuenta el control de parámetros como aireación, humedad y temperatura, los microorganismos se encargan de transformar los residuos degradables en un producto estable, el cual puede ser utilizado en el suelo como abono. (Yu, Clark, & Leonard, 2008)

En consecuencia, al manejo inadecuado de los residuos sólidos y deficiencias en prácticas de reciclaje se da la contaminación de los suelos, fuentes hídricas, deterioro de paisajes naturales y centros urbanos, afectando la salud de las comunidades expuestas y aumentando las enfermedades a causa de vectores de contaminación.

A partir de la separación en la fuente se han buscado usos alternativos benéficos para el entorno, como lo son: el proceso de reciclaje para la transformación de los residuos sólidos orgánicos nuevamente en materia prima, otra posibilidad es el proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos, la producción de gas, humus, los biocombustibles, entre otros, son técnicas mediante las cuales se puede aprovechar éste tipo de residuos. Una de las técnicas o alternativas más usadas en Colombia y el mundo para el aprovechamiento de los residuos sólidos es el compostaje el cual lo definimos como una alteración o descomposición de los residuos sólidos por la acción de microorganismos cambiando su estructura molecular de acuerdo al tiempo que es sometido, de esto se elabora abono orgánico el cual es utilizado como fertilizante en zonas verdes. (Penagos Vargas, Adarraga Buzón, Aguas Vergara, & Molina, 2011)

El aprovechamiento de residuos orgánicos representa en la vida y en el ecosistema múltiples beneficios, además de disminuir en gran cantidad la problemática que viven muchos países con respecto a residuos sólidos, que en últimas consecuencias los seres humanos son los más afectados con el incorrecto manejo de los residuos. Algunos de los beneficios a nivel ambiental son reducir la cantidad de residuos sólidos que van a parar a los rellenos sanitarios, además de alargarle la vida útil a estos sitios, otro beneficio es el del suelo, ya que este aprovechamiento y transformación de los residuos en abono orgánico contribuye en la recuperación de suelos degradados, también se está contribuyendo a la calidad del aire disminuyendo los gases de efecto invernadero, con respecto a la salud humana este factor beneficia en la reducción de enfermedades. (Sepúlveda Villada & Alvarado Torres, Manual de Compostaje, 2013)

En la actualidad las empresas y cultivadores están buscando nuevos productos para la agricultura, que sean totalmente naturales, el uso de los abonos orgánicos contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo a través de la incorporación de nutrientes y microorganismos. Se han desarrollado sistemas de producción alternativos, caracterizados por la ausencia de agroquímicos y la utilización frecuente de fuentes de materia orgánica manteniendo la fertilidad de la tierra como el humus, compost, abonos verdes, abonos líquidos y biofertilizantes. Con estos abonos se pueden conseguir mejores resultados al no generar contaminación en los suelos, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, la estabilidad estructural, regula el balance hídrico del suelo reteniendo los nutrientes y nivelando los niveles de pH (Yanque Huamaní, 2014).



## **2. Planteamiento del problema**

A medida que pasa el tiempo, en el mundo cada día hay cambios más grandes a nivel medioambiental debido al aumento de residuos, la inadecuada segregación y la generación de residuos sólidos debido a la falta de conciencia ambiental, educación y conocimiento sobre lo que se debe hacer con estos residuos al momento de segregarlos nos ha llevado a tan solo reunirlos, pero sin hacer un proceso para reutilizarlos y generar un aprovechamiento óptimo.

A nivel mundial, en el año 2006 en el Instituto Tecnológico de Costa Rica se describe a través de una propuesta la problemática que se presenta en el comedor dentro de la institución, esto con el fin de mejorar el inadecuado manejo que se está dando a los residuos generados, uno de los objetivos fue evaluar el funcionamiento y cumplimiento de la normativa en materia de gestión ambiental, compararla y cambiar o mejorar la que no cumplía, se encontró que en este comedor al menos 10 normas ambientales están siendo incumplidas, lo que puede ocasionar problemas en el futuro como el mismo funcionamiento del comedor, enfermedades y contaminaciones por olores y otros vectores, en conclusión la finalidad de esta propuesta es la de proponer un plan de acción para mejorar la situación del inadecuado manejo de los residuos sólidos de la Soda-Comedor del Instituto Tecnológico de Costa Rica. (Ramírez Keith & Instituto Tecnológico De Costa Rica, 2006)

Toda esta problemática no es muy diferente en nuestro país Colombia, teniendo en cuenta la problemática ambiental en la Corporación Universidad Lasallista, por el incremento de los residuos sólidos debido a la falta de educación y responsabilidad ambiental para hacer la separación en la fuente y aprovecharlos nuevamente. El principal objetivo de la Corporación fue implementar el programa MIRS dentro de la institución, este programa busca el ahorro en la tasa de aseo, la producción de abono y venta de material reciclable, como resultado en 5 semestres se redujeron los costos y se generaron ganancias por ventas de material reciclable, como conclusión el programa resulta excelente debido a la campaña de educación ambiental

en que participa toda la comunidad académica, estudiantes, profesores y personal de servicios generales. (Castrillón Quintana & Puerta Echeverri, 2002)

A nivel local y Según un estudio realizado por la CRA para el año 2016 nos revela las estadísticas que obtuvieron al realizarle un control y seguimiento a los Planes de gestión integral de los residuos sólidos que esta institución aplico en los diferentes municipios del atlántico, durante estos últimos años solo el 22% de los municipios del atlántico han presentado avances en los procesos de actualización del PGIRS, en total son 22 municipios los que acogieron ante esta autoridad estos planes en el año 2005, como resultado del seguimiento y control se obtuvieron datos negativos, indicando que el 72.27 % de los municipios no cumplió con los programas y proyectos establecidos en los cronogramas, a los municipios que incumplieron se le formularon multas y sanciones, solamente el 22.72% cumplió con más del 50% de las metas establecidas en su PGIRS, cabe resaltar que ninguno de estos municipios cumplió con las metas correspondientes a los programas de aprovechamiento de residuos. (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO, 2016)

En la Universidad de la costa (C.U.C), la cual cuenta con un plan de gestión integral para residuos sólidos PGIRS, no se contempla el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos aprovechables, a pesar del conocimiento y capacitaciones brindadas a estudiantes y funcionarios de la institución., a todo esto, se suma que aún no se logra la conciencia ambiental de todas las personas que hacen parte de la Universidad de la Costa C.U.C.

Además de lo anteriormente enunciado es importante hacer énfasis que se están generando grandes cantidades de estos residuos diariamente y finalmente estos van a parar a los rellenos sanitarios, ya que el plan de gestión integral no contempla los residuos orgánicos para tratamiento.

La finalidad de este proyecto es disminuir en gran parte los residuos dispuestos para el relleno sanitario lo que brinda más tiempo de vida útil a este, esto con apoyo y más estudios en cuanto a residuos generados dentro de la universidad. Teniendo en cuenta todo lo anterior y lo importante que es dar un buen uso a los residuos sólidos que nosotros mismos generamos surge el siguiente interrogante:

**¿Cómo pueden ser aprovechados los residuos orgánicos dentro de la Universidad de la Costa (C.U.C)?**

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Plantear un estudio sobre el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados dentro de la universidad de la costa, que permita la disminución y la reutilización de estos residuos obteniendo abono orgánico a través del compostaje.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa (C.U.C).
- Diseñar dos sistemas de tratamiento para los residuos orgánicos generados en la Universidad.
- Analizar la calidad de los compostajes obtenidos.

#### **4. Marco de Antecedentes**

A continuación, se citan estudios, informes y tesis sobre antecedentes realizados a nivel internacional, nacional y local.

La Universidad de la plata en argentina a través de su bienestar Universitario busca darle continuidad al compromiso ambiental Universitario el cual genere diversas acciones en pro de la preservación del medio ambiente, en este marco de desarrolla el programa “recuperamos” de separación de residuos sólidos, este programa se encuentra implementado en la presidencia de la UNLP, en varias facultades, con este programa buscan generar cambios en los hábitos de consumo y el manejo de los residuos a través de minimizar, separar y recuperar los residuos sólidos urbanos que se generan en la comunidad universitaria. (Universidad de la plata, 2017)

En la Universidad Austral de Chile, el país la distingue como la única institución de educación superior en abordar de manera integral el manejo de sus residuos, esta gestión se realiza desde el 2001 con la implementación de un sistema de gestión de manejo integral de residuos. Este programa tiene una serie de actividades y procedimientos tendientes a minimizar los diferentes riesgos, optimizar los recursos disponibles y cumplir la normativa vigente en materia ambiental, dicho programa promueve un enfoque preventivo, incentivando prácticas en las que se aplican los principios de las 3R's: reducción, reutilización y reciclaje de los residuos. el programa aborda el reciclaje y la reutilización de materiales como cartón, papel, vidrio, plástico, aluminios, metales, residuos orgánicos y chatarra electrónica, estos materiales son entregados a empresas locales de reciclaje. (Universidad Austral de Chile, 2001)

A nivel nacional la Universidad Sergio Arboleda cuenta con un riguroso plan de gestión integral de residuos sólidos desde el año 2010, el cual es actualizado anualmente y en el que se establece la gestión de los residuos generados, el código de colores, las rutas de recolección, entre otros aspectos. Con el fin de garantizar el éxito de este proceso, se implementan puntos ecológicos, se capacita a estudiantes y funcionarios y se hace seguimiento constante desde la separación en la fuente hasta la disposición final de los residuos generados. Los residuos orgánicos de esta universidad generados en las cafeterías son entregados a una empresa especializada, la cual se encarga de hacer la recolección y realizar compostaje con estos, garantizando una gestión responsable con el ambiente.

(Universidad Sergio Arboleda, 2010)

Por otra parte, en la Universidad de Antioquia a través de una tesis llamada Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia, analizaron que en Colombia los residuos orgánicos urbanos están constituyendo un 70% del volumen total de residuos generados, es por esta razón que fue necesario buscar alternativas que contribuyan al adecuado manejo, Este trabajo define cada uno de los tipos de aprovechamiento apoyados en la normatividad existente. (Jaramillo Henao & Zapata Márquez, 2008)

A nivel local encontramos el siguiente estudio realizado en la Universidad de la Costa en el año 2013, llamado: ¡Cuidando el medio ambiente!, Este se llevó a cabo a través de la gestión integral de los residuos sólidos, y consistió en proyectos de aula enfocados al compostaje, este mecanismo consiste en el proceso de convertir los residuos orgánicos en abonos, para luego ser utilizados en sus casas. En este mismo estudio también incentivó a los estudiantes a reciclar, como aporte al medio ambiente a través de las manualidades. (Lozano & Universidad de la costa, 2013)

De igual manera en la misma Universidad de la Costa C.U.C, en el año 2014 se realizó una tesis llamada Manejo Integral De Residuos Sólidos No Peligrosos En Instituciones De Educación Superior: Caso Universidad De La Costa, Barranquilla, Atlántico. Dicho documento analizo la generación de residuos no peligrosos en instituciones educativas colombianas, es uno de los temas menos estudiados pero que constituyen a su vez uno de los aspectos ambientales que toman con mayor fuerza relevancia en la actualidad. Por ello, la Universidad de la Costa CUC, ha establecido pertinentemente la gestión integral de este tipo de residuos con el fin de que cada uno de los lineamientos planteados ayude al fortalecimiento de comportamientos pro ambientales. El objetivo fue establecer los lineamientos para mejorar el manejo integral de este tipo de residuos, generar oportunidades de mejora y crear espacios más limpios. (Atencio Sarmiento & Romero Meza, 2014)

## **5. Marco conceptual**

### **5.1 Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos**

De acuerdo a la Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos de Colombia del 2016, el aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable, La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente. (Republica de Colombia, 2016)

### **5.2 Clasificación De Los Residuos Sólidos**

Los residuos sólidos pueden clasificarse por su naturaleza, por su composición, por los riesgos potenciales y por su origen.

Por su origen están los domiciliarios, los comerciales y los de barrido. (Contreras & Universidad Pontificia Javeriana, 2006)

#### **Domiciliarios**

Son los residuos sólidos originados por la vida diaria de las residencias, y están constituidos por restos de alimentos (como cáscaras de frutas, verduras, etc.), productos deteriorados. (Estrada Toledo, 2014)



### Comerciales

Son los residuos sólidos originados por los diversos establecimientos comerciales y de servicios, tales como supermercados, establecimientos bancarios, tiendas, hospedajes y hoteles, bares, restaurantes, escuelas, etc. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### Barrido

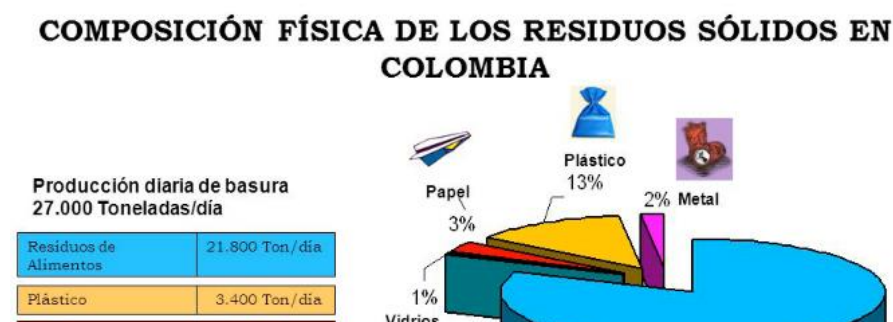
Son los residuos sólidos originados por los servicios de: higiene pública urbana, incluyendo todos los residuos del barrido de las vías públicas, limpieza de playas, alcantarillado, cloacas, plazas y terrenos, restos de poda de árboles, etc. Limpieza de áreas de ferias, constituidos por restos de vegetales diversos, envoltorios, cajas, etc. (Estrada Toledo, 2014)

### Industriales

Son los residuos sólidos originados por las actividades de las diversas ramas de la industria, tales como, metalúrgica, química, petroquímica, papelería, alimenticia, etc. (Sáez, Joheni A, & G., 2014)

### Agrícolas

Residuos sólidos de actividades agrícolas y pecuarias, como envases de abonos, insecticidas y herbicidas, raciones, restos de cosecha, etc. (FAO, 2014)



**Fuente:** (Procuraduría Nacional y Minambiente 2000)

### **5.3 Gestión integral de residuos sólidos.**

Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### **5.4 Reciclaje**

Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva acopio, reutilización, transformación y comercialización. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### **5.5 Recuperación**

Es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### **5.6 Residuo Sólido o desecho**

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### **5.7 Residuo Sólido aprovechable**

Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### **5.8 Residuo Sólido no aprovechable**

Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### 5.9 Reutilización

Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

### 5.10 Tratamiento

Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

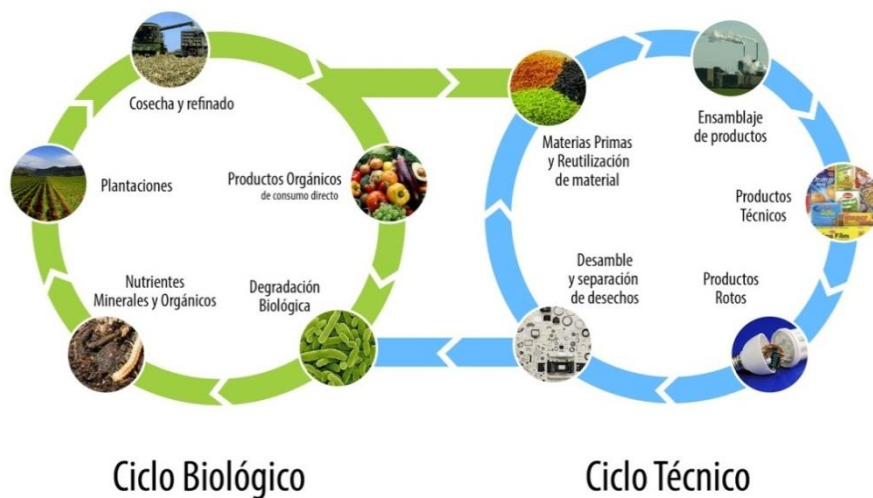


Figura 2. Ciclo de residuos orgánicos y ciclo de residuos otros.

**Fuente:** ([Http://gestionderesiduos.blogspot.com.co/](http://gestionderesiduos.blogspot.com.co/))

### 5.11 Compostaje

Proceso biológico controlado que permite la degradación y estabilización de la materia orgánica por la acción de microorganismos. (Decreto 2981, Ministerio de Ambiente, 2013)

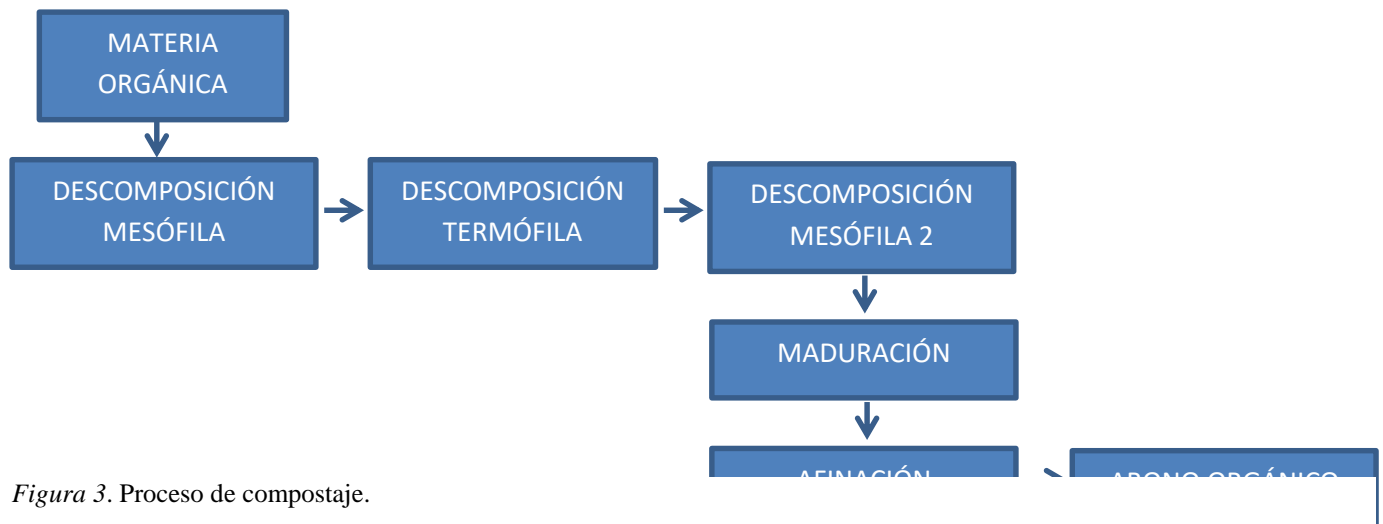


Figura 3. Proceso de compostaje.

Fuente: (IDEACORP, 2007)

#### 5.11.2 Preparación

Los residuos orgánicos excedentes de los alimentos durante su preparación, como son cáscaras o partes de frutas, hortalizas, sobras sólidas de alimentos ya preparados, de carnes, hojas de poda de sus matas internas, flores y tallos picados de arreglos naturales, son almacenados en recipientes separados y con tapa. Estos residuos para ser llevados a compostaje se deben preparar para controlar su humedad (exceso de agua), para lograr una relación balanceada de Carbono-Nitrógeno (C/N) y tener una textura y tamaños adecuados. Los plásticos, vidrios, papeles, metales, no deben mezclarse con los residuos orgánicos que van a compostaje, ya que no son transformables por las bacterias. La humedad, se puede controlar por medio de adición de aserrín o viruta de madera, en proporciones variables: 2 o 3 partes en volumen de alimentos, por una de aserrín o viruta. El tamaño de las partes de

residuos a compostar puede estar de 1 a 10 cms, como el bagazo de la naranja y la mandarina. En general no se requiere picar los residuos, salvo algunos de gran tamaño como la parte superior de la piña, sandías o papayas enteras, etc. La relación Carbono (C)/Nitrógeno (N), se puede ajustar con residuos ricos en N, como son la equinaza o gallinaza. La relación recomendada es de 25 a 30 partes de C, por 1 de N. (Sepúlveda Villada & Alvarado Torres, Manual de Composteje, 2013)

### **5.11.3 Descomposición Mesófila**

La fase Mesófila inicial es la parte más dinámica del compostaje en la que se incrementa rápidamente la temperatura de 10 a 40°C, el pH experimenta muchas variaciones y es donde todos los compuestos orgánicos en este proceso comienzan a degradarse, en esta fase se originan los microorganismos y hongos mesófilos, además de otras bacterias que toleran estas temperaturas las cuales utilizan sustancias carbonatadas solubles y de fácil degradación como los azúcares y aminoácidos, ocasionando una disminución en el pH. (Moreno Casco & Moral Herrero, 2008)

### **5.11.4 Descomposición Termófila**

En esta etapa llamada termófila o de higienización lo que sucede es que la temperatura sube por encima de los 40°C hasta los 60°C y los llamados microorganismos mesófilos son remplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, dichos microorganismos actúan generando nitrógeno en amoníaco por lo que el pH se eleva, se le llama etapa de higienización ya que el calor generado por las altas temperaturas destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como la Escherichia Coli y Salmonella spp. (Roman, Martínez, & Pantoja, 2013)

#### **5.11.5 Descomposición Mesófila II o de Enfriamiento**

Agotadas las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y pueden aparecer algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40° C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. (Sepúlveda Villada & Alvarado Torres, Manual de Composteje, 2013)

#### **5.11.6 Maduración**

Es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 2 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la mezcla va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la mezcla por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo. (Ministerio, 2009)

#### **5.11.7 Afinación**

Este proceso es realizado para homogenizar y mejorar el tamaño de partículas del compost por medio de la granulometría, además de regular la humedad a valores menores de 40%, seleccionar por cernido el residuo no compostado o impurezas, se toman muestras para análisis de laboratorio y control de calidad (en caso de procesos industriales o con fines comerciales), el empaque y etiquetado si fuese el caso. (Hernandez Ortiz & Zabaleta Cabas, 2016)

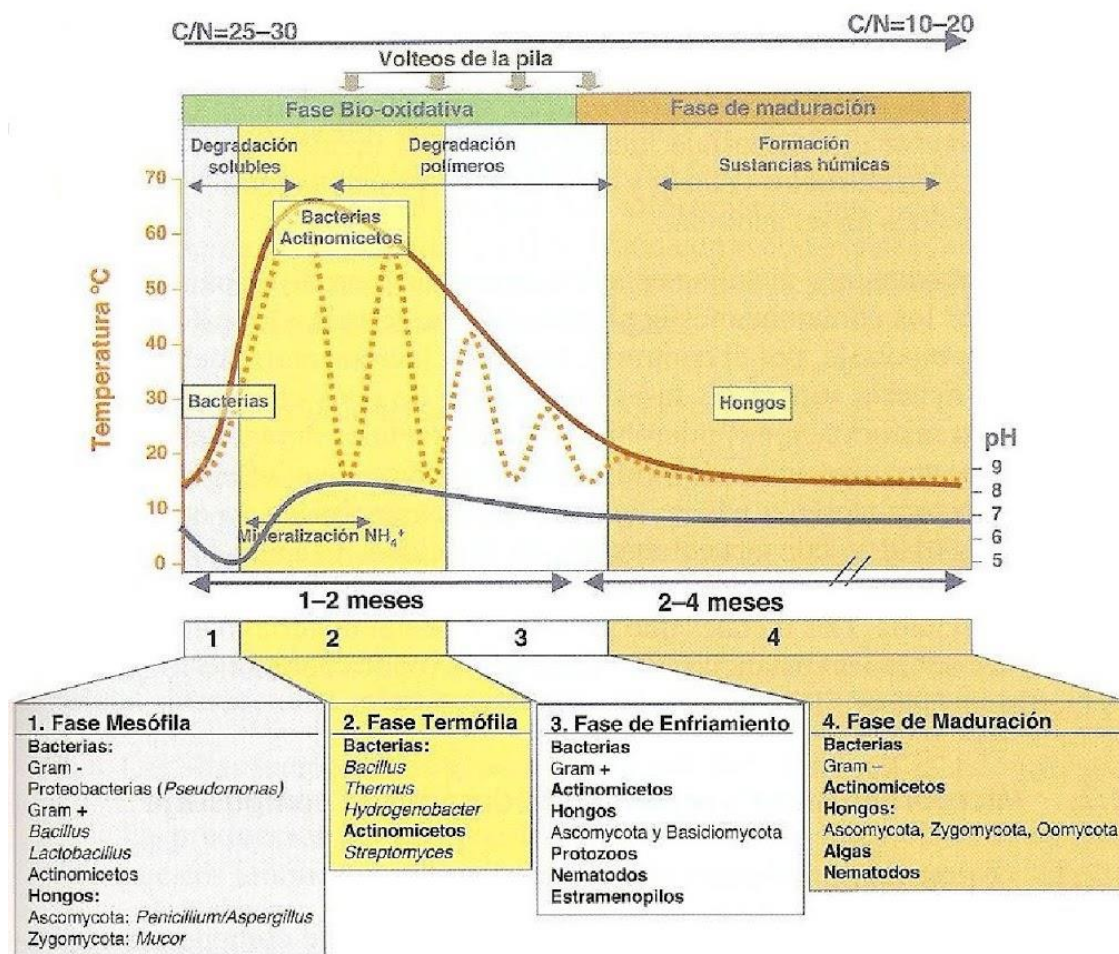


Figura 4. Fases del proceso de compostaje.

**Fuente:** (Moreno Casco & Moral Herrero, 2008)

Si el compost contiene buena carga de materia orgánica y todos sus parámetros se encuentran de manera permisible, es un excelente acondicionador y podrá ser utilizado como abono orgánico.



Para comparar los valores del resultado de un compost con la normativa vigente se cita la siguiente ilustración.

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5167 (Primera actualización)**
**Tabla 1. Requisitos específicos**

Fertilizantes o abonos orgánicos, orgánico minerales y enmiendas orgánicas															
Fertilizantes o abonos orgánicos															
Clasificación del producto	Indicaciones relacionadas con la obtención y los componentes principales	Parámetros a caracterizar	Parámetros a garantizar (en base húmeda)												
1	2	3	4												
Abono orgánico	Producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos de animales, vegetales o residuos sólidos urbanos (separados en la fuente) o mezcla de los anteriores, que contiene porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como carbono orgánico oxidable total y los parámetros que se indican.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pérdidas por volatilización % *</li><li>• Contenido de cenizas máximo 60 % *</li><li>• Contenido de humedad *:<ul style="list-style-type: none"><li>- Para materiales de origen animal, máximo 20 %</li><li>- Para materiales de origen vegetal, máximo 35 %</li><li>- Para mezclas, el contenido de humedad estará dado por el origen del material predominante.</li></ul></li><li>• Contenido de carbono orgánico oxidable total mínimo 15 %</li><li>• N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O totales (declararlos si cada uno es mayor de 1%)</li><li>• Relación C/N</li><li>• Capacidad de intercambio catiónico, mínimo 30 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (meq/100 g)</li><li>• Capacidad de retención de humedad, mínimo su propio peso</li><li>• pH mayor de 4 y menor de 9</li><li>• Densidad máximo 0,6 g/cm<sup>3</sup></li><li>• Límites máximos en mg/kg (ppm) de los metales pesados expresados a continuación:<table><tr><td>Arsénico (As)</td><td>41</td></tr><tr><td>Cadmio (Cd)</td><td>39</td></tr><tr><td>Cromo (Cr)</td><td>1 200</td></tr><tr><td>Mercurio (Hg)</td><td>17</td></tr><tr><td>Níquel (Ni)</td><td>420</td></tr><tr><td>Plomo (Pb)</td><td>300</td></tr></table></li><li>• Se indicará la materia prima de la cual procede el producto</li></ul>	Arsénico (As)	41	Cadmio (Cd)	39	Cromo (Cr)	1 200	Mercurio (Hg)	17	Níquel (Ni)	420	Plomo (Pb)	300	<p>Contenido de carbono orgánico oxidable total (%C)</p> <p>Humedad máxima ( % )</p> <p>Contenido de cenizas ( % )</p> <p>Capacidad de intercambio catiónico (cmol(+) kg<sup>-1</sup>) (meq/100 g)</p> <p>Capacidad de Retención de Humedad ( % )</p> <p>pH</p> <p>Contenido de Nitrógeno Total (% N)</p> <p>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</p>
Arsénico (As)	41														
Cadmio (Cd)	39														
Cromo (Cr)	1 200														
Mercurio (Hg)	17														
Níquel (Ni)	420														
Plomo (Pb)	300														
		* La suma de estos parámetros debe ser 100													

**Figura 5. Parámetros permitidos.**

**Fuente:** (Norma Técnica Colombiana NTC 5167 de 2004)

## **6. Factores que afectan al compost**

### **6.1 Temperatura**

Estas temperaturas que son alcanzadas por el sustrato durante el proceso de compostaje dependen del calor generado por la actividad microbiana y de la distribución y pérdida del mismo en el sistema. Elevadas temperaturas pueden tener efectos beneficiosos puesto que permiten eliminar organismos patógenos y parásitos termolábiles, pero también pueden tener efectos negativos sobre el progreso del compostaje al eliminar los organismos necesarios o beneficiosos para el proceso de compostaje. La evolución de la temperatura a lo largo del proceso debe permitir la conjunción entre tasas elevadas de biodegradación y la higienización del material, alcanzando niveles térmicos que permitan un adecuado desarrollo de ambos procesos. De este modo los requerimientos durante el compostaje, en términos de temperatura, deben conjugar: higienización (mayor que 55 °C), máxima degradación (45-55 °C) y máxima diversidad microbiana (35-40 °C). El rango de temperaturas comprendido entre los 35 y los 55 °C se considera óptimo para el proceso de compostaje. (Tortosa, 2013)

### **6.2 Aireación**

La función primordial de la aireación en el compostaje es el aporte de oxígeno, también permite un control de la temperatura de la masa, la eliminación de agua y la evacuación de CO<sub>2</sub> y otros gases generados durante la biodegradación de la materia orgánica. Una insuficiente aireación de la masa provoca un retardo del proceso de compostaje y, bajo condiciones anaerobias, se generan metabolitos responsables de malos olores, junto con otros que pueden resultar tóxicos para la micro biota y para las plantas. La demanda de oxígeno cambia a lo largo del compostaje, de forma que, al inicio del proceso y durante la fase termófila, existe mayor demanda debido al rápido crecimiento de las distintas

poblaciones microbianas y en la mayoría de los casos resulta ser el factor limitante del mismo. (Tortosa, 2013)

### **6.3 Humedad**

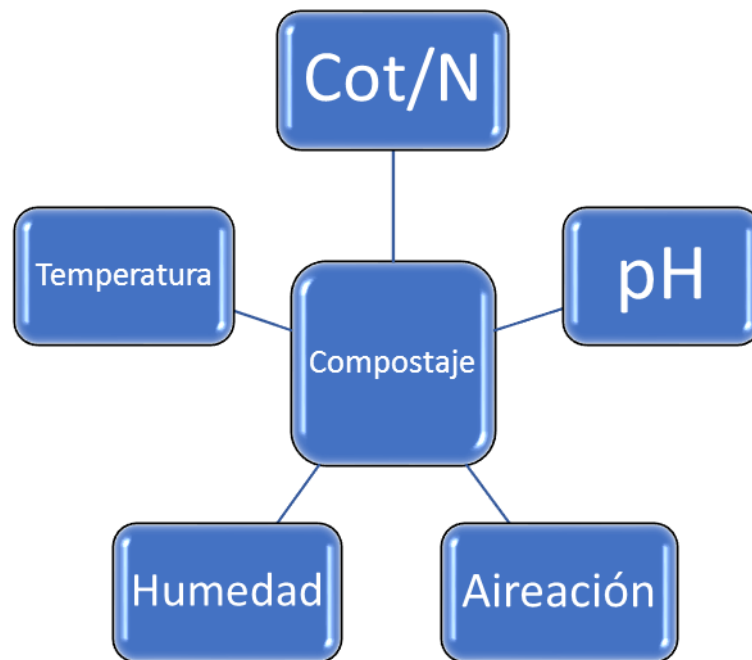
El agua es un elemento esencial para el desarrollo de la actividad microbiana y un factor importante en el intercambio gaseoso, a la vez que puede modificar la estructura física del material a compostar y actúa como un eficaz mecanismo de regulación térmica. El contenido en agua óptimo dependerá del tipo de sustrato, y en especial de sus características físicas y tamaño de partícula, pero puede situarse en el intervalo comprendido entre el 50 y el 60%. Una excesiva humedad taponar los poros y limita el intercambio de gases y el aporte de oxígeno, dando lugar esto último al predominio de las condiciones anaerobias en la masa de compostaje, lo que se traduce en fenómenos de putrefacción, malos olores, etc. (Tortosa, 2013)

### **6.4 Factores nutricionales y relación COT/NT**

Durante el compostaje es necesario mantener un equilibrio entre los nutrientes de modo que el sustrato disponga de aquellos elementos esenciales para los microorganismos. En especial la relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (relación COT/NT) del sustrato tiene un notable interés para controlar la dinámica del compostaje, de forma que valores bajos de la relación incrementan las pérdidas de nitrógeno por volatilización del amoníaco, especialmente a valores altos de pH y temperatura. (Tortosa, 2013)

### 6.5 pH

Se consideran valores óptimos de pH los comprendidos entre 6 y 8. El pH condiciona el desarrollo microbiano, actuando como un factor selectivo para las poblaciones microbianas, y además controla las pérdidas de nitrógeno durante el proceso (pH mayor que 7,5 favorecen la pérdida de este nutriente por volatilización de amoníaco). (Tortosa, 2013)



*Figura 6.* Factores que afectan el proceso de compostaje.

**Fuente:** (IDEACORP, 2007)

## 7. Marco Legal

A continuación, se referencian las leyes, resoluciones y decretos para importantes es este proceso.

**Tabla 1**

*Legislación Vigente*

NORMA	DESCRIPCION
<b>Decreto 2372 de 2010</b>	En relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
<b>Decreto 2981 De 2013</b>	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
<b>Norma Técnica NTC Colombiana 5167 de 2011</b>	Por la cual se regulan límites para productos de la industria agrícola.
<b>Decreto 351 De 2014</b>	Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo.
<b>Norma Técnica Colombiana NTC 24</b>	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.
<b>Resolución 754 de 2014</b>	Gestión Ambiental de residuos sólidos, Guía para la separación en la fuente.
<b>Ras Titulo F</b>	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
<b>Ley 99 de 2003</b>	Por la cual se adopta el sistema de aseo urbano. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

**Fuente:** (propia de los Autores)

## **8. Diseño Metodológico**

### **8.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación utilizada en este proyecto fue de tipo Documental, de campo o Mixta. A continuación, se refiere a otros tipos de investigación y en este caso se toma como criterio el lugar y los recursos donde se obtiene la información requerida. La investigación documental es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.). La de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio. La investigación mixta es aquella que participa de la naturaleza de la investigación documental y de la investigación de campo. (zorrilla, 1993)

### **8.2 Población de estudio**

La población de estudio es la Universidad de la Costa C.U.C, ubicada en Colombia en la ciudad de Barranquilla (Atlántico).

#### **8.2.1 Barranquilla**

La ciudad está localizada en el vértice nororiental del departamento del Atlántico, sobre la orilla occidental del río Magdalena, a 7,5 km de su desembocadura en el mar Caribe.

Barranquilla se encuentra a una latitud  $10^{\circ} 59' 16''$  al norte de la línea ecuatorial y una longitud de  $74^{\circ} 47' 20''$  al occidente de Greenwich, tomando como referencia la plaza de la Paz, punto cero de la ciudad. El área urbana está edificada sobre un plano ligeramente inclinado cuyas alturas extremas, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, son 4 msnm al oriente y 98 metros al occidente, sobre el nivel del mar. Otras fuentes señalan alturas accidentales en las lomas, hasta de 120 metros fuera de la ciudad. (Barranquilla, 2010)



*Figura 7.* Mapa de Barranquilla - Atlántico.

**Fuente:** (Google Maps)

### **8.2.2 Universidad De La Costa**

La Universidad de la Costa es una institución de educación superior de carácter privado situada en la ciudad de Barranquilla, Colombia. Recibió la acreditación como universidad el 28 de marzo de 2012, según la Resolución 3235 otorgada por parte del Ministerio de Educación Nacional. La Universidad de la costa C.U.C está ubicada en la dirección Calle 58 # 55 - 66 Barranquilla – Atlántico, cuenta con gran variedad y cantidad de programas de pregrado, postgrado, educación continua, especializaciones, programas de extensión. (C.U.C, 2012)



### 8.3 Tipo de Muestreo

Este tipo de muestreo fue el utilizado para la recolección de los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa. Además, se realizó también un muestreo aleatorio simple el cual consiste en extraer una muestra de tamaño  $n$  de una población de tamaño  $N$ , de manera que se puedan elegir al azar. (Abascal & Grande, 2005), Este tipo de muestreo se utilizó para extraer las muestras que se enviaron a analizar al laboratorio externo.



## 9. Desarrollo Experimental

Se seleccionaron dos métodos los cuales fueron: el de composteras fijas y composteras giratorias, dos de cada uno, con diferentes proporciones de mezclas para establecer cuál sería la mezcla más adecuada y en cual se obtendría el compost con las mejores características tanto organolépticas como físico químicas. (Sepúlveda Villada & Alvarado Torres, Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá., 2013)

Antes de realizar el cargue de las composteras se realizó una caracterización en días hábiles y no hábiles para determinar la cantidad de residuos orgánicos generados dentro de la institución alrededor de 20 días. Posteriormente se procedió a realizar el cargue de las composteras las cuales quedaron de la siguiente manera.

**Tabla 2**

*Porcentaje de residuos utilizados para realizar mezclas para las composteras.*

Composteras	% poda	% residuos orgánicos cafetería
Compostera Fija #1	25%	75%
Compostera Fija #2	66.6%	33.3%
Compostera giratoria # 1	25%	75%
Compostera giratoria #2	66.6%	33.3%

**Fuente:** (Propia de los Autores)

## **9.1 Elaboración De Composteras**

### **9.1.1 Composteras fijas**

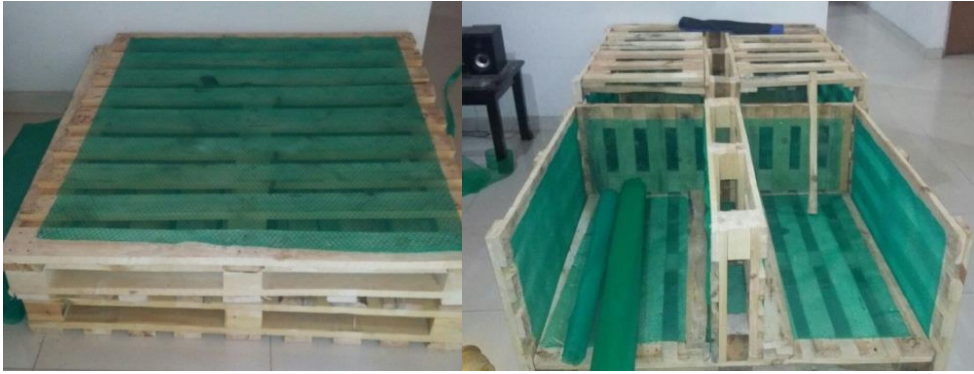
Para la realización de este proyecto, fue necesaria la elaboración de composteras fijas, se dispusieron 2 composteras fijas, cada una contenía proporciones diferentes de mezclas. Las composteras fueron elaboradas en estibas de madera, cada compostera se encontraba forrada en la parte interior con angeo, esto con el fin de prevenir derrame de los residuos que se almacenaron en el interior de estas, cada una de las composteras contaron con su respectiva tapa.

#### **Materiales para elaboración de composteras fijas**

- 10 estibas de madera
- Angeo mosquitero.
- Clavos de acero
- 8 bisagras

### **9.1.2 Procedimiento**

Para la construcción de estas composteras fijas, se procedió a cortar las estibas de tal forma que todas fueran de la misma dimensión, posteriormente estas se forraron en el interior con el angeo y por último se unieron las caras de las estibas formando así un cubo, a cada una de las composteras se le dejó en la parte inferior una abertura, esto con el fin de extraer el compostaje obtenido.



*Figura 9. Construcción de composteras fijas.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)



*Figura 10. Construcción de composteras fijas.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)

### 9.1.3 Composteras Giratorias

Para la elaboración de las composteras giratorias se dispuso de dos tanques plásticos totalmente sellados, a los cuales se les realizó una abertura en la parte superior y se le adaptaron bisagras para poder abrir y cerrar para almacenar los residuos, a estos tanques se les diseñó una estructura en la cual quedaban suspendidos por una varilla que hacía las veces de eje y permitía la rotación de los tanques para realizar la homogenización de los residuos.

#### Materiales

- 2 tanques plásticos
- Una varilla 5/8
- Listones de madera 2x4 pulgadas
- 4 bisagras



*Figura 11.* Construcción de composteras giratorias.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

## 9.2 Fase de Campo

Antes de iniciar la recolección de los residuos que se utilizaron, primero se adecuó el sitio a utilizar dentro de la Universidad de la costa (CUC), allí dispusimos de un espacio de aproximadamente 4 metros de largo por 8 de ancho, ubicado en “la huerta” de la institución. A estas estructuras se les colocó un plástico en la parte superior con el fin de que los cambios climáticos no fueran a afectar el proceso de descomposición de la materia orgánica. El proceso de obtención de compostaje a través de los residuos generados en la institución, tardó aproximadamente 4 meses.



*Figura 12.* Adecuación del sitio.

**Fuente:** (Propia de los Autores)



*Figura 13.* Ubicación de composteras giratorias.

**Fuente:** (Propia de los Autores)





*Figura 14.* Ubicación de composteras fijas.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

### 9.3 Selección y Recolección de Muestras

La mayoría de la materia prima recolectada la encontramos en la cafetería de la Universidad de la costa (CUC) en donde se dispusieron unos días hábiles y otros no hábiles para esta recolección, a diferentes horas estratégicas, posteriormente a la recolección se debía hacer una clasificación de estos residuos ya que no venían previamente clasificados, esto con el fin de separar en la fuente los residuos que nos servirían y beneficiarían nuestro proyecto.



*Figura 15.* Recolección de materia prima.

**Fuente:** (Propia de los Autores)



Figura 16. Clasificación de materia prima.

Fuente: (Propia de los Autores)

#### 9.4 Preparación de Mezcla

Tanto para composteras fijas como giratorias se trabajó con dos tipos de proporciones, esto con la finalidad de establecer cuál sería la mejor mezcla y medio para la obtención de abono orgánico. Las mezclas con las que se trabajó fueron 3:1 y 1:2 (Residuos orgánicos y podas) respectivamente. Para las composteras giratorias se realizó un cargue de residuos de 10 Kg aproximadamente y para las composteras fijas se realizó una carga de 14 Kg aproximadamente, ya que las composteras contaban con una mayor capacidad. (Ver **Tabla 2. Porcentaje de residuos utilizados para realizar mezclas para las composteras.**)



Figura 17. Preparación de mezclas.

Fuente: (Propia de los Autores)





*Figura 18. Mezclas listas.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)



*Figura 19. Volteos.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)



## **9.5 Seguimiento y Control**

Se realizaron seguimientos 3 veces a la semana, lunes, miércoles y viernes, a partir de la segunda semana hasta la última, entre los parámetros que se realizaban están pH y temperatura para cada una de las muestras, posterior a esto los mismos días se realizaban volteos para garantizar la concentración adecuada del oxígeno por medio de la aireación.

### **9.5.1 Medición de las condiciones (Parámetros)**

La medición de cada parámetro se realizaba los días lunes, miércoles y viernes durante 4 meses consecutivos.

- **Determinación de temperatura**

Se realizaron mediciones de temperaturas 3 veces por semana, los días lunes, miércoles y viernes, con un termómetro para suelos marca HANNA HI993310.

- **Determinación de pH**

Se realizaron mediciones de pH 3 veces por semana, los días lunes, miércoles y viernes, el instrumento utilizado fue un pH metro para suelos marca HANNA CO 10948E.

- **Carbono Orgánico Total**

Las muestras fueron enviadas al laboratorio microbiológico de barranquilla, donde se realizó análisis por medio del método de digestión vía húmeda (Walkley-Black).

- **Nitrógeno total Kjeldahl**

Las muestras de compostaje de cada mezcla fueron enviadas al laboratorio microbiológico de barranquilla, donde se realizó el análisis por medio del método semi-micro Kjeldahl y destilación.

### 9.5.2 Parámetros Medidos

**Tabla 3**

*Parámetros medidos durante la producción del compostaje.*

PARAMETRO	INICIAL	DURANTE	FINAL
pH	✓	✓	✓
Temperatura	✓	✓	✓
C	X	X	✓
N	X	X	✓

**Fuente:** (Propia de los Autores)



*Figura 20. Seguimiento, control y medición de parámetros.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)

### 9.6 Afinación de abono orgánico

Al retirar el compost de cada una de las estructuras, se dejó en reposo durante varias semanas y luego se pasó por un tamiz en donde quedaron retenidas las partículas de mayor tamaño, pasando la de menor tamaño, estas muestras fueron almacenadas en bolsas ziploc para enviar al laboratorio externo.



*Figura 21. Afinación del producto.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)

## 10. Resultados y Análisis

**La caracterización arrojó los siguientes resultados:**

**Tabla 4**

*Población de Universidad de la Costa.*

Número de estudiantes	16000
Número de profesores	397
Total	16397

**Fuente:** (Propia de los Autores)

**Tabla 5**

*Kilogramos de días hábiles y no hábiles.*

Días hábiles	68.948 kg
Días no hábiles	13.163 kg

**Fuente:** (Propia de los Autores)

### **Producción per cápita días no hábiles**

**Tabla 6**

*Producción Per cápita días no hábiles.*

1.686 kg	29 nov 1016
2.060 kg	30 nov 2016
1.983 kg	1 dic 2016
1.526 kg	2 dic 2016
1.257 kg	5 dic 2016
1.265 kg	6 dic 2016
1.027 kg	7 dic 2016
1.357 kg	9 dic 2016
1.002 kg	12 dic 2016

**Fuente:** (Propia de los Autores)

Habitantes:  $16397 \times 20\% = 3279.4$

$$ppc = \frac{13.163 \text{ kg}}{3279.4}$$

$$ppc = 0.00401 \text{ kg/hab}$$

### Producción per cápita días hábiles

**Tabla 7**

*Producción Per Cápita días hábiles.*

12.430 kg	1 nov 2016
8.862 kg	2 nov 2016
5.276 kg	3 nov 2016
4.280 kg	4 nov 2016
11.808 kg	9 nov 2016
7.882 kg	10 nov 2016
14.362 kg	11 nov 2016
4.048 kg	15 nov 2016
Total	68.948 kg

**Fuente:** (Propia de los Autores)

Habitantes:  $16397 \times 40\% = 6558.8$

$$ppc = \frac{68.948 \text{ kg}}{6558.8}$$

$$ppc = 0.01051 \text{ kg/hab}$$

Los residuos orgánicos de la cafetería utilizados fueron: restos de verduras, cascaras de huevos, hortalizas y restos de frutas.

### 10.1 Resultados de pH y temperatura compostera giratoria # 1

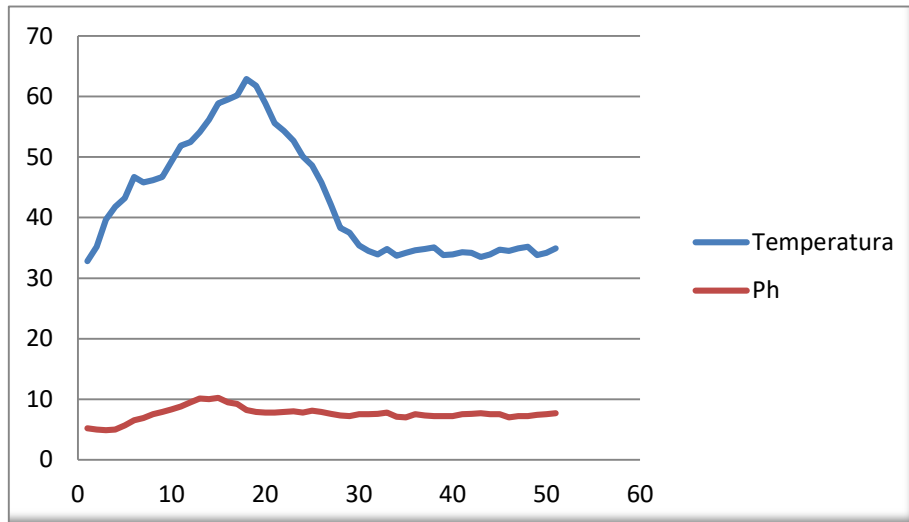


Figura 22. Variación de la temperatura y el pH para la compostera giratoria # 1.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

En la figura # 22 se observa que los valores promedios obtenidos de temperatura son variables desde la semana 1 hasta la semana 15, los valores más altos experimentados son de 62.3°C y los más bajos son de 32.8°C, el pH también es variable y los valores promedio que se obtuvieron van desde 4.9 hasta 10.2 siendo este el más alto. En las primeras semanas se evidenció un aumento en los parámetros, esto se debe a la multiplicación de microorganismos y por lo tanto hay una gran actividad metabólica la cual genera el aumento de temperatura y pH, posteriormente es posible observar que los parámetros empiezan a descender y a mantenerse constantes, ver anexos (Ilustración 9). cualitativamente en el proceso de descomposición de la materia orgánica, esta muestra obtuvo un buen aspecto y poseía un olor característico a tierra.

## 10.2 Resultados de pH y temperatura giratoria # 2

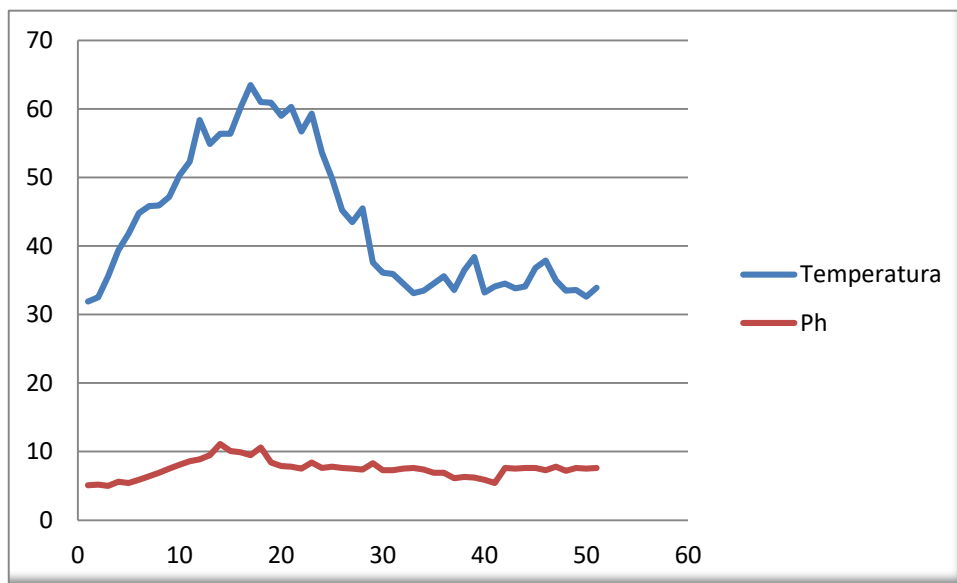


Figura 23. Variación de la temperatura y el pH para la compostera giratoria # 2.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

Según lo observado en la figura # 23 es posible evidenciar que los valores promedios obtenidos de temperatura el más alto corresponde 63.5°C y el más bajo de 31.9°C, en el caso del pH la variación es mínima, ya que experimenta valores semejantes de 5 a 10.3 Siendo estos valores aceptados por la NTC 5167 de 2011, es posible evidenciar que en las primeras semanas se manejó una temperatura ambiente, aumentando al transcurrir las semanas, esto se debió a la presencia de microorganismos termófilos, los cuales se encargan de transformar el nitrógeno en amoníaco por esta razón el pH en esta fase fue alcalino, posteriormente la temperatura empezó a descender junto con el pH, logrando una estabilidad.

### 10.3 Diferencias entre la compostera giratoria # 1 y compostera giratoria # 2

En la compostera fija # 2 los cambios fueron un poco más lentos, atribuimos esto a que la compostera giratoria #1 contenía mayor carga de residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) y por lo tanto tenía una mejor relación C/N. A ambas mezclas se le adiciono un poco de agua para lograr la optimización del compostaje, pero a la compostera giratoria #2 fue necesario agregar más agua debido a que contenía una mayor carga de poda la cual suministra un bajo porcentaje de humedad a la muestra. Ambas muestras obtuvieron un valor de pH y temperatura aceptados por la NTC 5167 DE 2011.

### 10.4 Resultados de pH y temperatura compostera fija # 1

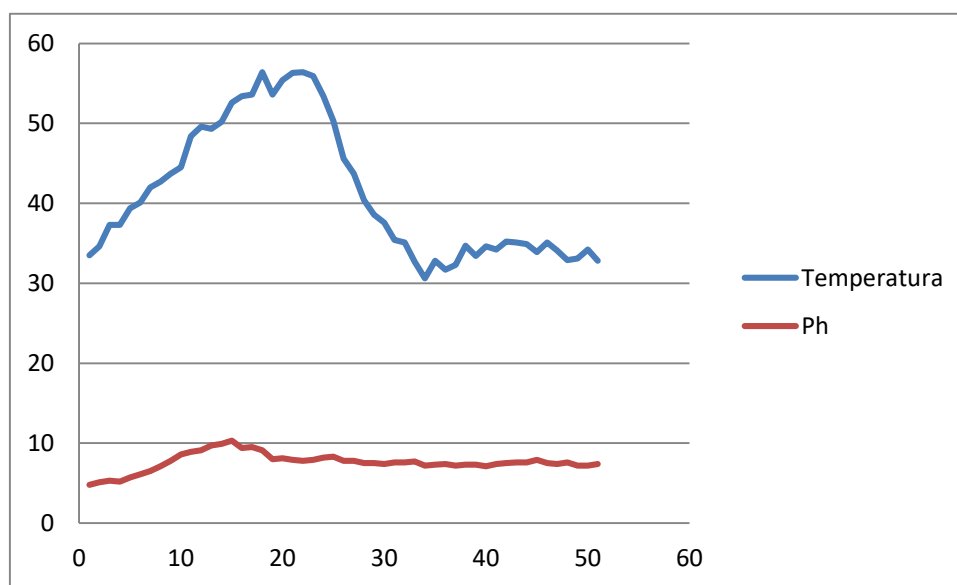


Figura 24. Variación de la temperatura y el pH para la compostera fija # 1.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

Para el caso de la compostera fija #1, se experimentó un aumento de temperatura en las primeras semanas, la temperatura máxima que alcanzo esta mezcla fue de 56.4°C, siendo esta una temperatura aceptable para el desarrollo de un compost optimo, además de esto se puede evidenciar que el valor máximo de pH fue de 10.3 en la primera etapa del compostaje y luego empieza a descender. En esta compostera fue necesario realizar volteos por lo menos 2 veces



a la semana ya que el oxígeno no se distribuía contantemente y además se adicionaba agua para mantener húmeda la muestra.

### 10.5 Resultados de pH y temperatura de compostera fija # 2

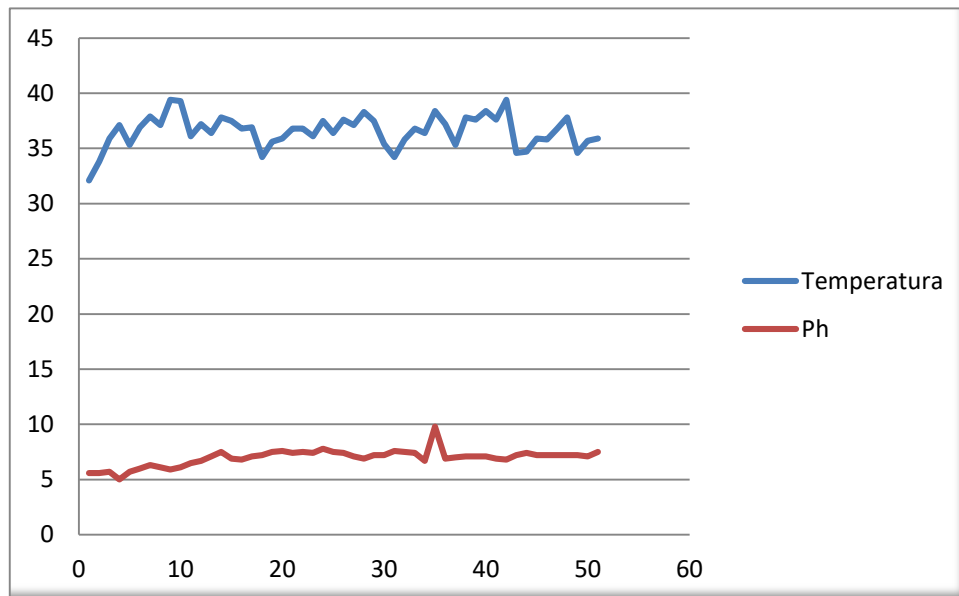


Figura 25. Variación de la temperatura y el pH para la compostera fija # 2.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

Como se puede observar en la figura # 25 correspondiente a la compostera fija # 2 el proceso fue continuo desde la primera semana hasta la numero quince, es decir, no hubo cambio significativo de temperaturas y pH, además de esto no se evidencio degradación de la materia orgánica a pesar de que se realizaron volteos constantes y se hidrató la muestra. Esto fue debido a la proporción de mezcla utilizada en el compostaje realizado, ya que presentaba un alto contenido de nitrógeno. Además de esto el oxígeno no se distribuía contantemente y a pesar de los volteos que se realizó la muestra no presento degradación durante los 4 meses. Por esta razón la muestra no fue enviada al laboratorio para posterior análisis.

### **10.6 Diferencia entre compostera fija # 1 y compostera fija # 2**

Partiendo de los resultados obtenidos de pH y temperatura, es evidente las diferencias entre estas composteras, ya que la compostera fija # 2 no presento cambio en sus parámetros y no se evidenció degradación de la materia orgánica presente en ella; en la compostera fija # 1 fue posible evidenciar cambios en los parámetros, además también se evidencio cualitativamente cambios, como fue el olor y apariencia de los residuos.

### **10.7 Diferencia entre composteras fijas y giratorias**

Las temperaturas de las composteras fijas fueron un poco diferentes a las composteras giratorias, se evidenciaron temperaturas más bajas en el proceso de las composteras fijas. También es posible afirmar que el proceso de descomposición de la materia orgánica fue un poco más lento en las composteras fijas debido a la poca aireación, por esta razón fue necesario realizar volteos por lo menos 2 veces a la semana para asegurar la presencia del oxígeno, mientras que en las composteras giratorias el proceso fue un poco más rápido debido a las condiciones de la compostera, puesto que esta mantenía la muestra aislada de los cambios climáticos, y los volteos eran constantes por la facilidad de la estructura en la cual se encontraba; además de esto los resultados en los parámetros para las composteras giratorias fueron mejor en comparación con los de las composteras fijas ya que manejaron un mejor rango de pH y temperatura, no obstante vale la pena aclarar que en la compostera fija #1 también se obtuvieron resultados favorables, a diferencia de la compostera fija # 2, en la cual no se evidencio cambio alguno en los parámetros y cualidades organolépticas.

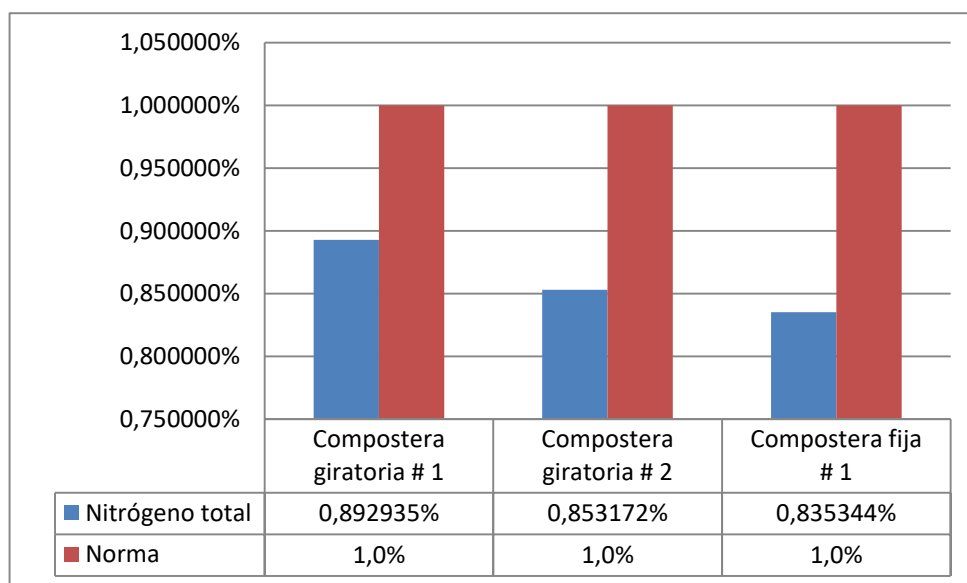
### 10.8 Comparación de los resultados obtenidos con la norma técnica colombiana NTC 5167

**Tabla 8**

*Resultados de Nitrógeno total.*

Compostera	% Nitrógeno Muestra analizada	% Nitrógeno NTC 5167 DE 2011
Giratoria #1	0,892935%	< 1%
Giratoria # 2	0,853172%	< 1%
Fija # 1	0.835344%	< 1%

**Fuente:** (propia de los Autores)



*Figura 26. Resultados vs NTC 5167.*

**Fuente:** (Propia de los Autores)

Los resultados de los parámetros analizados en el Laboratorio Microbiológico de Barranquilla (LMB), Ver anexo, laboratorio externo a la Universidad, aplicables al abono orgánico obtenido en el proceso, se muestran en la figura # 26, en donde son comparados con la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 de 2011, en la cual refiere los niveles permitidos de los parámetros para productos de la industria agrícola (productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo). En el caso Nitrógeno total para la muestra de la compostera giratoria # 1 se obtuvo un valor de 8929,35 mg N/Kg mientras que la norma dice que  $< 1.0 \%$ , haciendo la conversión y pasándolo a % da un valor de 0,892935 % lo que quiere decir que está dentro de los valores permitidos por la norma. Para la muestra de la compostera giratoria # 2 el valor obtenido fue de 8531,72 mg N/Kg haciendo la conversión nos queda 0,853172 % y por último la muestra de la compostera fija # 1 arrojó un valor de 8353,44 mg N/Kg haciendo la conversión correspondiente queda 0,835344 %.

**Tabla 9**

*Resultados de carbono orgánico total.*

<b>Compostera</b>	<b>% Carbono orgánico Muestra analizada</b>	<b>% Carbono orgánico NTC 5167 DE 2011</b>
Giratoria #1	32,40%	15% min
Giratoria # 2	31,04%	15% min
Fija # 1	29,69%	15% min

**Fuente:** (propia de los Autores)

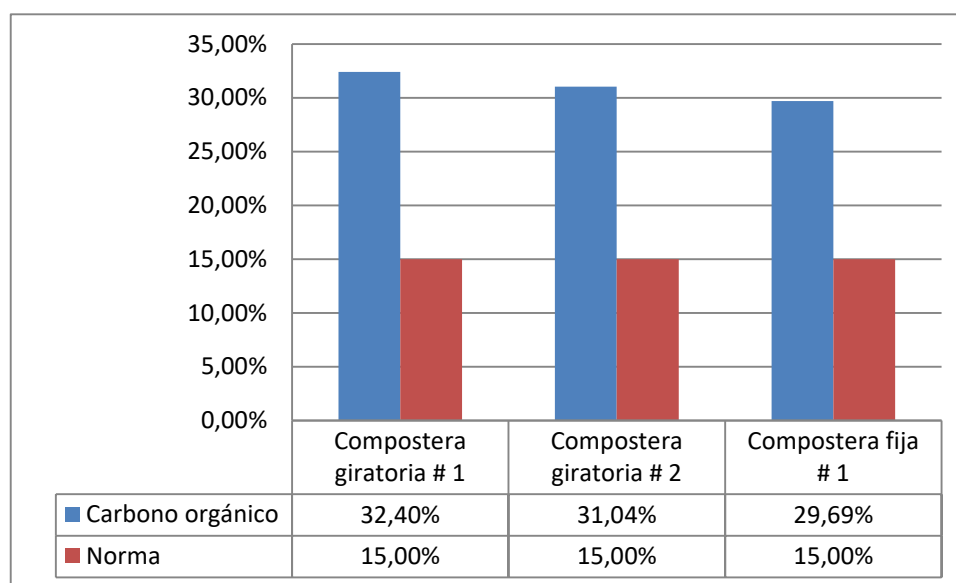


Figura 27. Resultados vs NTC 5167.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

En el caso del Carbono orgánico como se ilustra en la figura # 27 la NTC 5167 de 2011 dispone valores permisibles de carbono mínimos a 15%, para la muestra de la compostera giratoria # 1 el valor de carbono orgánico fue de 32,40, la muestra de la compostera giratoria # 2 el valor fue de 31,04 %, y por último la compostera fija # 1 obtuvo un valor de 29,69 %. Ver anexos. Por lo tanto, los resultados de los parámetros determinados para el abono cumplen con lo requerido en la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2011, exceptuando los resultados obtenidos en la compostera fija #2.



Figura 28. Abono orgánico obtenido.

**Fuente:** (Propia de los Autores)

### 10.9 Abono orgánico obtenido

El abono orgánico obtenido favorablemente resulto con un buen color, humedad y buen aspecto visual luego de la fase de maduración, donde finalmente se le hizo el proceso de afinación para que posteriormente fuera enviado a hacerle los análisis pertinentes en el laboratorio.

## 11. Conclusión

A través de este proyecto de grado fue posible realizar un estudio del manejo de los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa C.U.C, planteando como alternativa para la reducción de estos residuos la elaboración de compostaje en las mismas instalaciones de la Universidad, utilizando como materia prima los residuos generados en cafetería y podas de la institución. Se propusieron diferentes tipos de composteras (fijas y giratorias), de las cuales las giratorias fueron las más eficientes y las que mejor resultados arrojaron, puesto que el tiempo de degradación de los residuos orgánicos fue un poco más rápido, además de esto se evidencio que las mezclas con mayor carga orgánica (residuos de cafetería), obtuvieron mejores resultados en los parámetros evaluados, la compostera giratoria #1 fue la que mejor resultados arrojó, con una temperatura de 34,9 °C, pH de 7.7, carbono orgánico de 32,40% y Nitrógeno total de 0,892935%; todos estos parámetros cumplen con NTC 5167 de 2011, desde el punto cualitativo es posible afirmar que esta muestra reunía las características de un producto de buena calidad (olor, color y aspecto homogéneo); la compostera giratoria #2 y la compostera fija #1 también cumplieron con los parámetros exigidos en la norma técnica colombiana. Se concluye que las composteras giratorias son las más adecuadas para llevar a cabo la obtención de compostaje en la Universidad de la Costa, puesto que por estar menos expuesta a los cambios climáticos se obtienen mejores resultados y además de esto por poseer mejor sistema de aireación por la rotación frecuente de las composteras lo cual asegura la presencia del oxígeno el cual mantiene la actividad microbiana.

Es importante implementar este tipo de proyectos en la Universidad de la Costa C.U.C, puesto que nos permite reducir volumen de residuos sólidos que van a los rellenos sanitarios, con esto logramos disminuir el impacto ambiental que estos puedan ocasionar, además de reducir costos significativos en el traslado de estos residuos.

Con la obtención del abono orgánico, se logra beneficiar tanto el medio ambiente como nuestra institución, ya que el abono obtenido puede ser utilizado en las mismas instalaciones de la Universidad y se garantiza que es un producto totalmente orgánico.



## 12. Recomendaciones

- Se recomienda adecuar un lugar que reúna las condiciones óptimas para el tratamiento de estos residuos, ya que actualmente el único sitio con el que se dispone es “la huerta” de la institución y se encuentra bastante deteriorado.
- Trabajar de la mano con el departamento de calidad de la Universidad de la Costa, para continuar con los programas de cultura ambiental tanto en empleados como en estudiantes de la institución.
- Proveer de contenedores o canecas adecuadas y debidamente identificadas a cada área o punto crítico generador de residuos sólidos orgánicos aprovechables.
- Resguardar las composteras de las lluvias.
- Se propone realizar variación de mezclas en investigaciones posteriores.
- Fijar aireación externa a las composteras fijas y modificar las composteras giratorias de tal forma que el volteo sea mecánico.
- Reducir el tamaño de los residuos, para propiciar las condiciones del proceso del compostaje y disminuir el tiempo de degradación de los residuos, para esto se recomienda la adquisición de una picadora.

### 13. Referencias

- Abascal , E., & Grande, I. (2005). *Análisis de las encuestas*. Madrid: Esic Editorial.
- Atencio Sarmiento, F. A., & Romero Meza, G. P. (2014). Manejo integral de residuos sólidos no peligrosos en instituciones de educacion superior: caso universidad de la costa, Barranquilla, Atlantico. Barranquilla, Atlantico, Colombia.
- Barranquilla, A. d. (17 de Junio de 2010). *Alcaldia de Barranquilla*. Recuperado el 11 de Marzo de 2018, de Alcaldia de Barranquilla:  
[http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=119](http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=119)
- C.U.C, U. d. (28 de Marzo de 2012). *Universidad de la Costa C.U.C*. Recuperado el 11 de Marzo de 2018, de Universidad de la Costa C.U.C:  
<https://www.cuc.edu.co/universidad/presentacion/historia>
- Castrillón Quintana, O., & Puerta Echeverri, S. (2002). *Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista*. Medellin: Revista Lasallista de investigación .
- Contreras, C., & Universidad Pontificia Javeriana. (2006). Recuperado el 21 de 03 de 2018, de Manejo Integral De Aspectos Ambientales Ambientales – Residuos Sólidos:  
[http://www.javeriana.edu.co/ier/recursos\\_user/IER/documentos/OTROS/Pres\\_Residuos\\_CamiloC.pdf](http://www.javeriana.edu.co/ier/recursos_user/IER/documentos/OTROS/Pres_Residuos_CamiloC.pdf)
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO. (2016). *SINTESIS AMBIENTAL – VERSIÓN PRELIMINAR* . Barranquilla.
- Decreto 2981. (2013). Ministerio de Ambiente.
- Decreto 2981. (2013). Ministerio de Ambiente.
- Estrada Toledo, R. D. (23 de Febrero de 2014). *CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS, URBANO RESIDENCIAL*. Recuperado el 09 de marzo de 2018, de Gestipolis.com: <https://www.gestipolis.com/caracterizacion-de-los-residuos-solidos-domiciliarios/>
- FAO. (2014). *Bioenergía Y Seguridad Alimentaria Evaluación Rápida (Befs Ra)*. FAO.
- Hernandez Ortiz , D., & Zabaleta Cabas, R. (2016). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN LA CENTRAL DE ABASTOS VALLEDUPAR MERCABASTOS UTILIZANDO EL PROCESO DE COMPOSTAJE*. Valledupar.
- Icart Isern, M. T., Fuentelsaz Gallego, C., & Pulpòn Segura, A. M. (2006). *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina* . Barcelona: UNIVERSIDAD DE BARCELONA.

- Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA. MEDELLIN, ANTIOQUIA , COLOMBIA.
- Lozano, L., & Universidad de la costa. (28 de junio de 2013). Universidad de la costa. Barranquilla, Atlantico, Colombia. Recuperado el 22 de febrero de 2018, de <https://www.cuc.edu.co/noticias/67-generales/1536-icuidando-el-medio-ambiente>
- M. d. (2009). *Manual de Compostaje*. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje* . Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Penagos Vargas, J. W., Adarraga Buzón, J., Aguas Vergara, D., & Molina, E. (2011). *Reducción de los residuos Sólidos orgánicos en Colombia por medio del compostaje líquido*. Barranquilla: INGENIARE.
- Ramírez Keith, E., & Instituto Tecnológico De Costa Rica. (2006). *Propuesta de plan de acción para mejorar la situación actual del manejo de los Residuos Sólidos de la Soda-Comedor del Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Cartago: Instituto Tecnológico De Costa Rica.
- Republica de Colombia. (2016). *Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos*. Bogota: CONPES.
- Roman, P., Martínez , M. M., & Pantoja, A. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Santiago de Chile : FAO.
- Sáez, A., Joheni A, & G., U. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latinay el Caribe. *Redalyc.org*.
- Sepúlveda Villada, L. A., & Alvarado Torres, J. A. (2013). *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a traves de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá*. Medellín: Litografía Nicolás Aristizabal.
- Sepúlveda Villada, L. A., & Alvarado Torres, J. A. (2013). *Manual de Compostaje*. Área Metropolitana del Valle de Aburrá: ACODAL.
- Sepúlveda Villada, L. A., & Alvarado Torres, J. A. (2013). *Manual de Composteje*. Valle de Aburra: Litografía Nicolás Aristizabal.
- Tortosa, G. (2013). Factores que influyen en el proceso de compostaje. *COMPOSTANDO CIENCIA LAB.*, 1-5.
- Universidad Austral de Chile. (30 de 13 de 2001). *Universidad Austral de Chile*. Recuperado el 20 de 03 de 2018, de <https://dservicios.uach.cl/unidades/unidad-de-gestion-ambiental/area-gestion-integral-de-residuos/>
- Universidad de la plata. (25 de 08 de 2017). *Programa de compromiso ambiental de la UNLP*. Recuperado el 20 de 03 de 2018, de [https://unlp.edu.ar/direccion\\_de\\_medio\\_ambiente/programa\\_de\\_compromiso\\_ambiental\\_de\\_la\\_unlp-5236](https://unlp.edu.ar/direccion_de_medio_ambiente/programa_de_compromiso_ambiental_de_la_unlp-5236)

Universidad Sergio Arboleda. (30 de 12 de 2010). *Universidad Sergio Arboleda*. Recuperado el 16 de 02 de 2018, de <http://www.usergioarboleda.edu.co/gestion-de-residuos/>

Yanque Huamaní, L. (2014). *Importancia de los abonos orgánicos en la agricultura Vol 3*. Revista de Investigación Universitaria .

Yu, S., Clark, O., & Leonard, J. J. (2008). *Estimation of vertical air flow in passively aerated compost in cylindrical bioreactor*. Canada: Volumen 50.

zorrilla. (1993). TIPOS DE INVESTIGACION. 43.


## 14. Anexos

COMPOSTERA GIRATORIA #1			COMPOSTERA GIRATORIA #2			COMPOSTERA FIJA #1			COMPOSTERA FIJA #2		
Toma	Temperatura	Ph	Toma	Temperatura	Ph	Toma	Temperatura	Ph	Toma	Temperatura	Ph
1	32,8	5,2	1	31,9	5,1	1	33,5	4,8	1	32,1	5,6
2	35,2	5	2	32,5	5,2	2	34,6	5,1	2	33,8	5,6
3	39,7	4,9	3	35,6	5	3	37,3	5,3	3	35,9	5,7
4	41,8	5	4	39,4	5,6	4	37,3	5,2	4	37,1	5
5	43,2	5,7	5	41,8	5,4	5	39,4	5,7	5	35,3	5,7
6	46,7	6,5	6	44,8	5,9	6	40,1	6,1	6	36,9	6
7	45,8	6,9	7	45,8	6,4	7	42	6,5	7	37,9	6,3
8	46,2	7,5	8	45,9	6,9	8	42,7	7,1	8	37,1	6,1
9	46,7	7,9	9	47,2	7,5	9	43,7	7,8	9	39,4	5,9
10	49,3	8,3	10	50,3	8,1	10	44,5	8,6	10	39,3	6,1
11	51,9	8,8	11	52,3	8,6	11	48,4	8,9	11	36,1	6,5
12	52,5	9,5	12	58,4	8,9	12	49,6	9,1	12	37,2	6,7
13	54,1	10,1	13	54,9	9,5	13	49,3	9,7	13	36,4	7,1
14	56,2	10	14	56,4	11,1	14	50,2	9,9	14	37,8	7,5
15	58,9	10,2	15	56,4	10,1	15	52,6	10,3	15	37,5	6,9
16	59,5	9,5	16	60,2	9,9	16	53,4	9,4	16	36,8	6,8
17	60,2	9,2	17	63,5	9,5	17	53,6	9,5	17	36,9	7,1
18	62,9	8,2	18	61	10,6	18	56,4	9,1	18	34,2	7,2
19	61,8	7,9	19	60,9	8,4	19	53,6	8	19	35,6	7,5
20	58,9	7,8	20	59	7,9	20	55,4	8,1	20	35,9	7,6
21	55,6	7,8	21	60,3	7,8	21	56,3	7,9	21	36,8	7,4
22	54,3	7,9	22	56,7	7,5	22	56,4	7,8	22	36,8	7,5
23	52,7	8	23	59,3	8,4	23	55,9	7,9	23	36,1	7,4
24	50,1	7,8	24	53,6	7,6	24	53,4	8,2	24	37,5	7,8
25	48,6	8,1	25	49,8	7,8	25	50,3	8,3	25	36,4	7,5
26	45,8	7,9	26	45,2	7,6	26	45,6	7,8	26	37,6	7,4
27	42,1	7,6	27	43,5	7,5	27	43,7	7,8	27	37,1	7,1
28	38,3	7,3	28	45,5	7,4	28	40,4	7,5	28	38,3	6,9
29	37,5	7,2	29	37,6	8,3	29	38,6	7,5	29	37,5	7,2
30	35,4	7,5	30	36,1	7,3	30	37,6	7,4	30	35,4	7,2
31	34,5	7,5	31	35,9	7,3	31	35,4	7,6	31	34,2	7,6
32	33,9	7,6	32	34,5	7,5	32	35,1	7,6	32	35,8	7,5
33	34,8	7,8	33	33,1	7,6	33	32,7	7,7	33	36,8	7,4
34	33,7	7,1	34	33,5	7,4	34	30,6	7,2	34	36,4	6,7
35	34,2	7	35	34,5	6,9	35	32,8	7,3	35	38,4	9,8
36	34,6	7,5	36	35,6	6,9	36	31,7	7,4	36	37,2	6,9
37	34,8	7,3	37	33,6	6,1	37	32,3	7,2	37	35,3	7
38	35,1	7,2	38	36,5	6,3	38	34,7	7,3	38	37,8	7,1
39	33,8	7,2	39	38,4	6,2	39	33,4	7,3	39	37,6	7,1
40	33,9	7,2	40	33,2	5,9	40	34,6	7,1	40	38,4	7,1
41	34,3	7,5	41	34,1	5,4	41	34,2	7,4	41	37,6	6,9
42	34,2	7,6	42	34,5	7,6	42	35,2	7,5	42	39,4	6,8
43	33,5	7,7	43	33,8	7,5	43	35,1	7,6	43	34,6	7,2
44	33,9	7,5	44	34,1	7,6	44	34,9	7,6	44	34,7	7,4
45	34,7	7,5	45	36,8	7,6	45	33,9	7,9	45	35,9	7,2
46	34,5	7	46	37,9	7,3	46	35,1	7,5	46	35,8	7,2

Figura 29. Temperaturas y pH para composteras.


Fuente: (Propia de los Autores)





**LMB**

Certificado ICONTEC 1806-1 ISO 9001:2008 • Red de Laboratorios ICONTEC  
 Resolución 1615 de Mayo 15 de 2015, Ministerio de la Protección Social autorización para Control de Calidad de Agua Potable  
 Renovación de la Acreditación IDEAM bajo MTC ISO/IEC 17025:2005 Resolución 0241 de Febrero 27 de 2015  
 y el Recurso de Reposición según Resolución 0681 de Mayo 5 de 2015 y Resolución 0876 del 11 de Mayo de 2016  
 Registro de Laboratorios para Control de Calidad de Insumos y Productos Agroquímicos Según Resolución del ICA 00491 y 003489  
 Calificación RUC del Consejo Colombiano de Seguridad - Sistema de Gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente RUC  
 Via 40 # 76-206 • BARRANQUILLA - COLOMBIA • Tel 3602269 - 3690609 - 3606748 • TELEFAX: 3600353  
[www.lmb.com.co](http://www.lmb.com.co)



**IDEAM**  
 INSTITUTO DE MICROLOGÍA,  
 METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS  
 AMBIENTALES  
 Laboratorio Acreditado por el  
 IDEAM para los parámetros según  
 resoluciones No. 0241 de febrero  
 27 y 0681 de mayo 5 de 2015

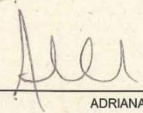
**INFORME DE RESULTADOS No 26543**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE				
CLIENTE:	SANDRA SILVA BUELVAS	NIT:	1.045.674.671	
SOLICITANTE:	SANDRA SILVA BUELVAS	CIUDAD:	BARRANQUILLA	
DIRECCIÓN:	CALLE 11 # 17B - 48 BARRIO LA LUZ	TELÉFONO:	3102350638	

INFORMACIÓN MUESTRA				
No. TOTAL DE MUESTRAS:	3	IDENTIFICACIÓN POR:	CLIENTE	
MUESTRA No:	26543-1	TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO	
SITIO DE MUESTREO:	NO INFORMADO	FECHA Y HORA DE TOMA:	NO INFORMADO	
COORDENADAS:	NO INFORMADO	FECHA DE RECIBIDO:	2017/11/15	
TOMADA POR:	CLIENTE	FECHAS DE ANÁLISIS:	2017/11/15 al 2017/12/16	
NATURALEZA:	COMPOSTAJE	EMISIÓN DEL INFORME:	2017/12/16	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	MUESTRA 1			

RESULTADOS - MUESTRA No. 26543-1				
ANÁLISIS REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	LCM	METODOLOGÍA UTILIZADA DOCUMENTO NORMATIVO
<b>FISICOQUÍMICA</b>				
(NAC) NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/Kg	8929,35	—	SEMI-MICRO KJELDAHL Y DESTILACIÓN, STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APHA-A-APHA-WEF, 4500-NORG-C - 4500 NH3 B,C (ED 22, 2012)
(NAC) CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	32,40	—	DIGESTIÓN VÍA HÚMEDA (WALKLEY-BLACK)- MÉTODOS ANALÍTICOS DE LABORATORIO DE SUELOS - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC ( ED 8 DE 2009)

(A): Acreditado - (NAC): No Acreditado - (SUB): Subcontratado - LCM: Límite de cuantificación del método.



ADRIANA CIRO  
DIRECTORA TÉCNICA


ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN LOS PARÁMETROS ANALIZADOS. ESTOS RESULTADOS NO PUEDEN SER REPRODUCIDOS PARCIAL Y/O TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. EL PLAZO LÍMITE PARA ACEPTAR OBSERVACIONES CON RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ES DE 8 DÍAS SIGUIENTES A LA ENTREGA DE ESTE INFORME. TIEMPO DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS, SI NO SE RECIBEN OBSERVACIONES SE DA POR ACEPTADA LA CONFORMIDAD DEL INFORME Y SE PROCEDERÁ A LA DEVOLUCIÓN DE LAS MUESTRAS AL CLIENTE PARA QUE ÉSTE SE ENCARGUE DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MISMAS. LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS INFORMES TRANSMITIDOS POR VÍA FAX QUEDA SUJETA A LA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. EL PERSONAL DE LMB SE ABSTIENE DE HACER COMENTARIOS, INTERPRETACIONES O RECOMENDACIONES ACERCA DE LOS RESULTADOS, SALVO SOLICITUD EXPRESA DEL CLIENTE.

Página 1 de 3


Figura 30. Resultados del análisis compostera giratoria # 1.

Fuente: (Propia de los Autores)





Certificado ICONTEC 1806-1 ISO 9001:2008 • Red de Laboratorios ICONTEC  
 Resolución 1615 de Mayo 15 de 2015, Ministerio de la Protección Social autorización para Control de Calidad de Agua Potable  
 Renovación de la Acreditación IDEAM bajo NTC ISO/IEC 17025:2005 Resolución 0241 de Febrero 27 de 2015  
 y el Recurso de Reposición según Resolución 0081 de Mayo 5 de 2015 y Resolución 0876 del 11 de Mayo de 2016  
 Registro de Laboratorios para Control de Calidad de Insumos y Productos Agroquímicos Según Resolución del ICA 00491 y 003489  
 Calificación RUC del Consejo Colombiano de Seguridad - Sistema de Gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente RUC  
 Vía 40 # 76-208 • BARRANQUILLA - COLOMBIA • Tel: 3692269 - 3690609 - 3606748 • TELEFAX: 3600353  
[www.lmb.com.co](http://www.lmb.com.co)



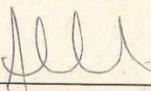
**INFORME DE RESULTADOS No 26543**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE				
CLIENTE:	SANDRA SILVA BUELVAS	NIT:	1.045.674.671	
SOLICITANTE:	SANDRA SILVA BUELVAS	CIUDAD:	BARRANQUILLA	
DIRECCIÓN:	CALLE 11 # 17B - 48 BARRIO LA LUZ	TELÉFONO:	3102350638	

INFORMACIÓN MUESTRA				
No. TOTAL DE MUESTRAS:	3	IDENTIFICACIÓN POR:	CLIENTE	
MUESTRA No:	26543-2	TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO	
SITIO DE MUESTREO:	NO INFORMADO	FECHA Y HORA DE TOMA:	NO INFORMADO	
COORDENADAS:	NO INFORMADO	FECHA DE RECIBIDO:	2017/11/15	
TOMADA POR:	CLIENTE	FECHAS DE ANÁLISIS:	2017/11/15 al 2017/12/16	
NATURALEZA:	COMPOSTAJE	EMISIÓN DEL INFORME:	2017/12/16	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	MUESTRA 2			

RESULTADOS - MUESTRA No. 26543-2				
ANÁLISIS REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	LCM	METODOLOGÍA UTILIZADA DOCUMENTO NORMATIVO
<b>FISICOQUÍMICA</b>				
(NAC) NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/Kg	8531,72	—	SEM-MICRO KJELDAHL Y DESTILACIÓN. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA-APHA-WEF, 4500-NORG-C - 4500 NRG B,C (ED 22, 2012)
(NAC) CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	31,04	—	DIGESTIÓN VÍA HUMEDA (WALKLEY-BLACK). MÉTODOS ANALÍTICOS DE LABORATORIO DE SUELOS - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC (ED 6 DE 2006)

(A): Acreditado - (NAC): No Acreditado - (SUB): Subcontratado - LCM: Límite de cuantificación del método.




**ADRIANA CIRO**  
 DIRECTORA TÉCNICA

ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN LOS PARÁMETROS ANALIZADOS, ESTOS RESULTADOS NO PUEDEN SER REPRODUCIDOS PARCIAL Y/O TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. EL PLAZO LÍMITE PARA ACEPTAR OBSERVACIONES CON RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ES DE 8 DÍAS SIGUIENTES A LA ENTREGA DE ESTE INFORME. TIEMPO DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS. SI NO SE RECIBEN OBSERVACIONES SE DA POR ACEPTADA LA CONFORMIDAD DEL INFORME. Y SE PROCEDERÁ A LA DEVOLUCIÓN DE LAS MUESTRAS AL CLIENTE PARA QUE ÉSTE SE ENCARGUE DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MISMAS. LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS INFORMES TRANSMITIDOS POR VÍA FAX, QUEDA SUJETA A LA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. EL PERSONAL DE LMB SE ABSTIENE DE HACER COMENTARIOS, INTERPRETACIONES O RECOMENDACIONES ACERCA DE LOS RESULTADOS, SALVO SOLICITUD EXPRESA DEL CLIENTE.

Página 2 de 3


Figura 31. Resultados del análisis compostera giratoria # 2.

Fuente: (Propia de los Autores)



**LMB**

Certificado ICONTEC 1806-1 ISO 9001:2008 • Red de Laboratorios ICONTEC  
 Resolución 1615 de Mayo 15 de 2015, Ministerio de la Protección Social autorización para Control de Calidad de Agua Potable  
 Renovación de la Acreditación IDEAM bajo NTC: ICONTEC 17025:2005 Resolución 0241 de Febrero 27 de 2015  
 y el Recurso de Reposición según Resolución 0681 de Mayo 5 de 2015 y Resolución 0876 del 11 de Mayo de 2016  
 Registro de Laboratorios para Control de Calidad de Insumos y Productos Agroquímicos Según Resolución del ICA 00491 y 003489  
 Calificación RUC del Consejo Colombiano de Seguridad - Sistema de Gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente RUC  
 Via 40 # 76-206 • BARRANQUILLA - COLOMBIA • Tel: 3692269 - 3690609 - 3606748 • TELEFAX: 3600353  
[www.lmb.com.co](http://www.lmb.com.co)



**IDEAM**

INSTITUTO DE METEOROLOGÍA,  
METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS  
AMBIENTALES

Laboratorio Acreditado por el  
IDEAM para los parámetros según  
resolución No. 0241 de febrero  
27 y 0681 de mayo 5 de 2015


**INFORME DE RESULTADOS No 26543**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE				
CLIENTE:	SANDRA SILVA BUELVAS	NIT:	1.045.674.671	
SOLICITANTE:	SANDRA SILVA BUELVAS	CIUDAD:	BARRANQUILLA	
DIRECCIÓN:	CALLE 11 # 17B - 48 BARRIO LA LUZ	TELÉFONO:	3102350638	

INFORMACIÓN MUESTRA				
No. TOTAL DE MUESTRAS:	3	IDENTIFICACIÓN POR:	CLIENTE	
MUESTRA No:	26543-3	TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO	
SITIO DE MUESTREO:	NO INFORMADO	FECHA Y HORA DE TOMA:	NO INFORMADO	
COORDENADAS:	NO INFORMADO	FECHA DE RECIBIDO:	2017/11/15	
TOMADA POR:	CLIENTE	FECHAS DE ANÁLISIS:	2017/11/15 al 2017/12/16	
NATURALEZA:	COMPOSTAJE	EMISIÓN DEL INFORME:	2017/12/16	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	MUESTRA 3			

RESULTADOS - MUESTRA No. 26543-3				
ANÁLISIS REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	LCM	METODOLOGÍA UTILIZADA DOCUMENTO NORMATIVO
<b>FISICOQUÍMICA</b>				
(NAC) NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg N/Kg	8353,44	—	SEMI-MICRO KJELDAHL Y DESTILACIÓN, STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APHA-AWWA-WEF, 4500-NORG-C - 4500 NH3 B,C (ED 22, 2012)
(NAC) CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	29,69	—	DIGESTIÓN VÍA HÚMEDA (WALKLEY-BLACK)- MÉTODOS ANALÍTICOS DE LABORATORIO DE SUELOS - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC ( ED 6 DE 2006)

(A): Acreditado - (NAC): No Acreditado - (SUB): Subcontratado - LCM: Límite de cuantificación del método.



ADRIANA CIRO  
DIRECTORA TÉCNICA

**- FIN DEL INFORME -**

ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN LOS PARÁMETROS ANALIZADOS. ESTOS RESULTADOS NO PUEDEN SER REPRODUCIDOS PARCIAL Y/O TOTALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. EL PLAZO LÍMITE PARA ACEPTAR OBSERVACIONES CON RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ES DE 8 DÍAS SIGUIENTES A LA ENTREGA DE ESTE INFORME. TIEMPO DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS. SI NO SE RECIBEN OBSERVACIONES SE DA POR ACEPTADA LA CONFORMIDAD DEL INFORME. Y SE PROCEDERÁ A LA DEVOLUCIÓN DE LAS MUESTRAS AL CLIENTE PARA QUE ÉSTE SE ENCARGUE DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MISMAS. LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS INFORMES TRANSMITIDOS POR VÍA FAX, QUEDA SUJETA A LA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. EL PERSONAL DE LMB SE ABSTIENE DE HACER COMENTARIOS, INTERPRETACIONES O RECOMENDACIONES ACERCA DE LOS RESULTADOS, SALVO SOLICITUD EXPRESA DEL CLIENTE.

Página 3 de 3

Figura 32. Resultados del análisis compostera fija # 1.

Fuente: (Propia de los Autores)